



## 第2部 シンポジウム

# スポーツ科学の可能性とその限界 現場での科学

パネリスト

**前嶋 孝** (法学部教授／元専修大学社会体育研究所所長)

**結城匡啓** (信州大学教育学部教授／日本スケート連盟スピードスケート強化副部長)

**杉田正明** (三重大学教育学部教授／日本オリンピック委員会科学サポート部門長)

コーディネーター

**久木留 毅** (文学部准教授／日本オリンピック委員会情報戦略部門長)

### 世界記録保持者は30%の力で滑っていた

**結城** このたびこのような機会を与えて頂きましてありがとうございます。私がこれまでおこなってきたことを今回のテーマに沿って少しお話ししたいと思います。私自身は、筑波大学でスピードスケートをしていました。オリンピックはダメでしたが、ワールドカップの表彰台に2度ほど立たせて頂きました。その後、研究者としての道を歩むようになったのは、黒岩彰選手らを育てた前嶋孝先生の影響からでした。自分のチームで指導されながら、研究の場においても活躍されているのを見て、こんな仕事があるのだと背中を追いかけられるようになりました。その後、長野オリンピックがあったころ、私は大学院を終え、専修大学のOB

になります堀井選手には残念ながらメダルをかけてあげることはできませんでしたが、この時には岡崎朋美選手や清水宏保選手を科学的にサポートする役をやらせて頂きました。その後のソルトレイクオリンピックまで清水選手とは二人三脚で、もう一度金メダルをとらせてあげたいという希望があり、大役を仰せ使いました。金メダルは逃しましたが、銀メダルをとることができ多くのことを学ばせて頂きました。その後のトリノではメダルは逃しましたが、大学の後輩で椎名という選手をワールドカップに3回出場させ、また信州大学に職を得ました。男子に比べますと女子は層が薄いので、そこを狙って、インカレのスピードスケートの女子部門で、おかげさまで4連覇を果たすことができました。

当時、スケートと言えば専修大学でした。信州大学の選手が出ると専修大学と間違われるほどでした。やっと信州大学のスケート選手も出て

いるんだと認知され始めたのがこの頃です。その頃に、前嶋先生のやられている研究を知り、自分もそれを追いかけているんだなと思いました。自分の教え子が幸運にもオリンピックに出て、銀メダルを獲得することができたので切に思います。今までそんな感じで関わって参りました。

私の専門は、スポーツバイオメカニクスです。文学部には縁がないようなことですがコンピューターの中で選手の動きを三次元的に再現させたりするものです。私はそのあと清水選手の専属コーチになりましたが、研究を始めた当初は、堀井選手のスタートを、清水選手のスタートを元に改善させるための分析を行いました。スタート後一歩目から二歩目の角度で清水選手は体幹を前傾させていますが、堀井選手は清水選手に比べ少し起き上がってしまうことがわかり、このあたりは改善の余地がありますねと当時の黒岩監督と話しあっていました。コンピューター技術を用いるので、実際には見ることができない上からの映像や角度も分析することができます。コンピューターでさらに解析すると、清水選手はまっすぐ進んでいるのに対し、堀井選手は少し左に開いているなどということがわかりました。これらを元に堀井選手へアドバイスしました。

また、これは前嶋先生が先駆者であられることなのですが、スケートは直線運動であるがやや曲線を描くことが重要である、と提唱されました。私は、博士論文に、前嶋先生がやられたのと全く同じなのですが、スケートで滑る面に対してどれほど力がかかっているかということをテーマにしました。スケートにおいては水平方向の力が最も重要になります。上下運動はしませんので、水平方向の力を世界記録保持者とインターカレッジ出場選手で測定し比較してみました。世界記録保持者はさぞや大きな力がかかっているのだらうと思って測定しましたが、期待と予測は裏切られ全く逆の結果でした。世界記録保持者の力の立ちあがりやタイミングは早いのですが、実際にキックする力はピーク時の30%～40%くらいしか発揮されていないことがわかりました。世界初のデータで「測定間違いでは？」と思い何度も演算を繰り返して1年悩みました。そこで世界記録保持者の力発揮の波形とそうでない選手の波形をモデル化して考えました。そうしますと、世界記録保持者の場合、力発揮の様子をピーク値を頂点にした三角形と見立てると、底辺が少し長くて比較的早く力が発揮され、最後はすんと落ちていましたが、そうでない選手は後半で大きな力が発揮されていることがわかりました。数学的処理をして、つまり積分して見ると両者の面積に大差はなく最終的な到達速度は同じですが、立ち上がりのタイミングに大きな差があります。これをもう一度積分しますとさきほど前嶋先生がお話しされたことと全く同じで、体の小さい選手が力発揮のタイミングを早めることにより、一歩で6cmもストライドを大きくすることができるという結果が導き出されました。これは理工系の物理の先生にも話を聞いて頂き、間違いのないだろうとなりました。それでこちらをひとつの知見として私なりにまとめることになりました。この研究は、その後に清水選手とのつきあいにおける大きな基礎となりました。

そのほかにも、専修大学のスケート部 OB の黒岩悟さんと共同研究したのですが、実は頭にギザギザをつけると空気抵抗が減るということが実験でわかりました。何もつけないと、空気の流れが後ろで渦巻きを作り気圧が薄くなるので、それが空気抵抗の正体でした。空気がはがれるという言い方をしますが、ギザギザをつけると空気が流れて抵抗が減るのです。これをミズノと一緒に研究したところ、ある場所につけるとかなり空気抵抗が減ることがわかりました。500m で約100分の7秒違いが出ます。このような研究をしながら清水選手と貴重な4年間をマ

ンツーマンで過ごさせて頂きましたが、最初の年にスラップスケートを長野オリンピックで使うかどうかという難問がふりかかりました。1970年から2000年まで、世界記録が延べで生まれた回数には3回ピークがあることが分かります。そのうちの一回目はレースウェアです。TV番組のもじもじ君などでおなじみのナイロン製の頭からすっぽりかぶるものの登場した年です。その次は黒岩彰選手がメダルをとった時、3回目は長野オリンピックの前年に踵が上がるスラップスケートが登場した時で、その後たくさんの世界記録が出ました。当時私は、大学院を出たばかりでサポートに入り、強化委員長から清水選手・堀井選手がスラップスケートを使うかどうかおまえが決める、と言われ緊張しました。清水選手が初めてスラップスケートを使って500m に出場した時です。私は科学班だったのでレース中のスピードの変化を測定しましたが、初めてスラップスケートを取り入れたにも関わらず、それまでのスケートよりもトップスピードが速いということが明らかになりました。間違いなくスラップスケートの時代になるとの確信はありましたが、なかなか主張できず、最終的には決めろと言われたので「私はスラップスケートの時代が来ると思います」と言いました。何人かのコーチには「あいつは選手を惑わせる」と言われましたが、やはりスポーツの世界は得てして経験論が優先されがちでコーチの経験・判断が優先されますが、コーチの誰も経験したことないことをオリンピックで取り入れるか判断する際は、科学データはひとつの切り口になると思います。

清水選手は世界記録保持者で金メダル獲得者なので、私よりも力があります。何かの指示・指導を受けるというスタイルは難しいので、会話の中から優先順位や答えを引き出すことをしました。質問攻めではなく対話です。どうやって聞き上手になるかに徹しました。言うタイミングや言葉遣いなどにも注意を払いました。昨日言ったことと今日言ったこととどう違い、カーブの話をしているが直線はどうなのかなど、彼が関心を向けるようなところに質問しても適切な指摘をすることは不可能なので、とにかく聞き役に徹して彼自身が彼自身の発言の中から整理して答えを見つけるスタイルにしたいと思いました。メダリストなのでコーチ不要の選手になってほしいという願いがありました。世界記録保持者、つまり世界一速いにも関わらずさらに上を目指しているわけですからコーチのいらぬ選手になってほしい思いがありました。一方で、コーチが全く不要になることはないだろうという自信もあって接していました。

先ほど、前嶋先生は外挿上にある世界を目指す時、黒岩彰さんもそうでしたが、もっと速くなりたいと思った時にどうするのか、外挿上のタイムを目標にトレーニングするのか、体力の向上かそれとも技術の向上か、というお話もされました。私は先ほど、自分の研究が役に立ったと申し上げましたが、力を最大限発揮させるベストなタイミングがあって、そのタイミングの再現性をいかに高めるかということに技術や道具の改善点があると考えました。すべてその観念でやってきたので、キックの力を大きくしようとは一度も考えたことはありません。それは私にとって比較的助かったことです。

## 暗黙知を理論化する

科学の役割として、説明と予測があります。天気予報に例えますと、天気図を見て説明をされて知りたいのは予報なわけです。十分な説明が可能でしたら予報もできます。ここに科学的なコーチングという研究を土台にしたスタイルがあると思います。



外から見て感じられる物理的事実はもちろん、選手だけが頭の中で感じられる意識や気づきがあります。意識が次につながり、それを次に生かすにはどうしたらいいのか。必ず物理的事実と感覚の二面性があります。科学と言うのは物理的なその技術の結果を見ることだと思います。キックの力にしてもスピード曲線にしても、どうなっていたかという結果しか分かりません。しかし必要なのは、選手が次にどうしたらいいのかという意識や気づきです。いくら結果だけを見せても、それからどうしたらいいのか選手には分かりません。そこで必ず仮説的な解釈行為を立てます。弱いですが、仮説的な解釈をしない限り、いくら数値を細かく見せても選手の意識改革には役立ちません。

最近のマネージメントの世界では、外から見ても分かるような知識の明示化をします。一方で知人ぞ知るいわゆるノウハウといわれるような暗黙知というものが非常に重要だと思います。

私も最近少し勉強するようになって介護の経営学のシンポジウムに呼んで頂いた時に知ったのですが、例えば量販店でビデオテープとガムテープがよく売れると。そのことをよく知っているのは経営者ではなくレジスタッフなのです。そのことを経営者が知り、この2つをセットにしたコーナーをたくさん配置するとさらに売り上げがアップするということです。まさにスポーツも同じで、選手が知りたい暗黙知と研究者が科学として見せられることのできる形式知、これをいかに循環させるかが非常に重要だと思います。

あとで結城理論などと言われて話に出るかもしれませんが、私は勉強会をしており、練習に技術討論会というメニューを大学入職時から、小平選手が大学1年時のインターカレッジの頃から組み込んでいます。例えば動作を三次元解析し、その結果を示しただけでは何をどう見ていいか分からないわけです。私はここでコーチングしている暗黙知を選手に伝えるために、一度意識を変えていこうという試みをします。カーブというのは時々刻々と頭の向きが左方向に変わっていきます。選手は体に対して横に蹴ることが重要になりますが、時々刻々と変化していくので、最初に蹴る方向を横にしているもだんだん蹴る方が後ろに流れてしまうのです。ではどうしたらいいのかと言えば、私は選手に「方向の先取り」という言葉で伝えていったのですが、一番重要なところで横方向に蹴れるように、すこし前方向に蹴る意識でと伝えました。そうしますとインターハイでそれほど上位の成績を出せなかった選手が、これを取り入れたことにより急激にタイムが伸びたりします。例えばこういうようなことを、暗黙知を理論化するといいますがそんなふうにしてもコーチングにも役立ちます。また、選手らがコーチの立場になった時に、どう伝えればいいのか自分の調子が悪くなった時にどこを見るようにすればいいのかという観点に役立ちます。

さて、そろそろお時間が来てしまいました。科学的にやれば勝てるのか？ 前嶋先生はそれで大変なご苦労をされました。私も苦労しています。科学的にやれば勝てると言いたいです。若輩者ですけど、なかなかそうはいかないというのが私の今のところの実感です。科学というのはその時代の真実を究明しようとして真理を追究していくそういうベクトルのものです。これはノーベル賞でも同じことです。ところが、勝負というのは勝つことを良いこととし、勝利の追究が目標ですのでもともと求めるベクトルが違うことを認識すべきだと思います。

では一方で、科学は役に立たないかと言えばそうではなく役立つ知恵を作りだす、そして予測する、コーチや選手の勘の材料にする、先ほど暗黙知の明示化と言いましたが、言語化することができればそれはコー



### 結城匡啓／ゆうき・まさひろ

1965年北海道生まれ。89年筑波大学を卒業。筑波大学大学院を経て、99年信州大学講師、現在は教授。スポーツバイオメカニクス専攻。スピードスケートのコーチとして、オリンピックメダリストを育てる。科学的サポートによるスポーツの競技力向上に関する研究の若手の第一人者であり、文部科学大臣スポーツ功労者顕彰（2010）、文部科学大臣国際競技大会優秀者表彰（2009）など、数々の受賞歴を持つ。氏も選手としてスピードスケートワールドカップ500メートルで3位入賞の実績がある。著書に『スポーツバイオメカニクス』（朝倉書店）

チングに役立ちますし、一方で科学的データから暗黙知を導くことができればそれは科学として役に立ちます。その積み重ねをしますと、勝つことはできないかもしれませんが、選手を間違いなく強くすることにはつながると思います。選手を強くすれば勝つ確率を高めることができます。勝つ確率が少ない中で、いかにそれを高めていくかというのは、メダリストになるような人間は独自に行っているようです。まるで天から何かが舞い降りてきたような、不思議に空気の流れが変わるような不思議な瞬間をこの目で何度も見て体験したことがあります。

前嶋先生には、長い間我々の線路を引いて頂き感謝の言葉があります。アポロ13号が月面着陸に成功したということは、13回目だったということのを忘れてはなりません。前嶋先生は、ご自身も素晴らしい長距離の選手であられ、私の記憶の中でも素晴らしい日本記録を樹立された方でもあります。そういう方が我々の先駆者であり、我々も後をついて行きたいと思います。ありがとうございました。

久木留 ありがとうございました。ただいま結城先生のお話がありましたが、実は先生ご自身も素晴らしいトップアスリートでありワールドカップで入賞を果たしております。また、コーチでもあり、そして科学者としても素晴らしく、文部科学大臣スポーツ功労者顕彰を授与されるほどの功績を出しておられます。なぜ今回、私がお呼びしたかということ、前嶋先生が先ほどお話しされていたように、専修大学は世界を目指しており、それにふさわしい研究者・科学者・サポーターをお呼びしたいということで、結城先生には無理を言っておりました。実は結城先生はスケートの合宿の最中というお忙しい中にお越し頂きました。

それでは次に杉田先生にご講演をお願いいたします。

## 1秒間に100個のデータを集めて分析

杉田 本日はこのような場におよび頂きましてありがとうございます。  
尊敬する前嶋先生はもちろん、親交のある結城先生とも一緒にでき嬉しく思います。

私は、サッカーのワールドカップの話ばかりが先行していますが、元々は陸上競技の科学者委員です。何でも屋というのはおかしいですが、競技力向上に関わるものすべてに携わらせて頂きながら科学的支援を行っております。本日はどんなバックボーンがあるのかいつまんでお話しいたします。

世界陸上が1991年に東京でございました。日本にも科学委員会がございまして、私は現在副委員長を務めています。世界陸上の際も、何十人というスタッフの中で結城先生とともに関わらせて頂きました。当時、100mのスピード測定のためには10m毎にビデオを持ったスタッフを配置し撮影していました。タイマーを入れコマ送りをしながら選手の通過タイムを分析しないと速度曲線は計測できませんでした。今でこそ当たり前で色々なことがわかってきましたが、実際の世界陸上という大会でスピードなどを科学的に究明したのは、日本ではこの時が初めてでした。やはりトップの選手でも後半は落ちることや、世界レベルの選手は、中盤の速度が日本選手とは全く違うことが分かりました。最近では、ドイツでは、選手の前もしくは後ろに光を当ててそれが戻ってくる性質を利用し1秒間に100個のデータを収集可能なラベックという装置を導入し、瞬時にスピード分析をしています。1998年の日本選手権における男子100mの分析では、日本の選手は毎秒のトップスピードは高くないですが持久力があるという評価が出ました。現在は瞬時にこのようなデータが分かる時代になっています。スピード分析を含めて、専門家がチームを組んで様々な国際大会を始めとする場で活用しています。

マラソンは長距離ですが、1990年～1993年に、日本のナショナルチームが医学スタッフを活用して支援しようということになりました。私は1993年の一カ月間サポートに携わりまし。この時は、高地トレーニングに入る前の日本にいる間の選手が平地で走っている時の心拍数を測定しました。早朝、東京で計ったペースを記録し、現地に行った時に、どれくらいで東京にいた時と同じペースになるか測定したところ、大抵5日間ということが分かりました。また、現地のチームと連携してヘモグロビンなどの数値も測定しましたが、日本と同じような数値になるには3週間ほどかかることが分かりました。肝臓に蓄えられている物質をしっかりとケアしないと成果が出ないこともわかってきました。それと標高1300メートルのメキシコシティで競歩の選手をサポートしました。メキシコのナショナルトレーニングセンターで宿泊まりをしましたが、練習中の心拍数や乳酸値を測定しデータを提供、就寝中のヘモグロビンの飽和酸素を調べたりということをしました。睡眠中のデータ測定をしたのはおそらく日本で最初だと思いますが、高地での睡眠中の吸入酸素というのは一時的に低くなります。それから滞在数が伸びればその量は上がりますが、一週間ほど経たないと通常に戻らないことが分かりました。競歩はシドニーでは結果を残すことができませんでした。深く関われば関わるほど結果に対する責任を負うことになり、よいことばかりでなく私自身が責任を負うことも経験しました。それで競歩のサポート

を離れたのですが、翌年のカナダの世界選手権で、20km競歩でサポートしていた選手が入賞しました。これは僕が離れたから入賞できたのかもしれませんが（笑）。それからアトランタオリンピックでは、私がオリンピックに関わった最初の年でした。開催2年前に、陸連から現地に派遣され何人かで参りました。マラソンコースを車で周りしましたが、アップダウンが非常に激しいことが分かりました。そこで当時の医科学委員会の委員長であった東京大学の小林先生が、箱に紐と五円玉をつけて坂道の角度を測ろうと言い出しました。三角関数のタンジェントを利用したのですが、車のダッシュボードにシャープペンシルの先端を置いて記録しました。坂道ごとに車を止めてデータを測定し、2日間かけて何百回と繰り返しました。普通の道路で危ないので、早朝にかけて行いました。その過程で、路面がかまぼこ型になっており、道路の端を走ると傾き足に負担がかかることも分かりました。この角度を測ったデータから42kmのロードデータを作成しました。だいたいいい形に収まりました。当初は高温多湿環境を見に行くという目的だったにも関わらず、アップダウンの激しさからこういうことを測定することになったのは、実際の現場に行かないと分からないし、コースを見て、こういうことを測ろうと考えた小林委員長の発想力の豊かさにただただ畏敬の念を抱きました。他にも、走った時に、選手に赤外線を当てて様々なデータを測定したり、温度センサーを体につけて走り体温の変化を測定したりとさまざまなデータを測定しました。その中には代表になった選手もいます。

## サッカー日本代表に低酸素トレーニング

当初は、科学スタッフとして関わるといっても経験がないので、色々な人がやることをスポンジが水を吸収するように勉強し、自分でも試行錯誤をして、科学データをうまく活用していくという変換装置的な役割でいました。しかし、ここがニュートラルな状態でないと間違った方向に行くなと感じました。生活指導や体力測定 of データに関わったりしました。サッカーやハンドボール選手のサポートも行いました。

実際に現地に行き高地トレーニングのサポートも行いましたが、現在は前嶋先生が発明した装置のおかげで現地に行かずとも、高地トレーニングが可能です。1998年に高所トレーニングの国際シンポジウムが初めて開催され、その時に高所トレーニングシステム研究会が発足しました。会長が小林先生、副会長が前嶋先生で毎年シンポジウムを開催しています。それまでは、個々で取得したデータをそれぞれで応用されていたのですが、このシンポジウムで前嶋先生のスピードスケート選手に対する高地トレーニングの効果という講演を聞き、そこで初めて先生が行っている実験や理論や実践など高度なものに触れることができました。世界的権威の前嶋先生から多くのことを吸収させて頂きました。

低酸素吸入装置が備え付けられたテントを使った実験は、前嶋先生が初めて行ったのです。こういうことを知ったおかげで、私自身がワールドカップの出場選手に対し低酸素トレーニングなど様々なサポートをし、結果を出すことができました。前嶋先生初め、さまざまな先生の知見をうまく活用することができたおかげであります。ワールドカップでは高地対策が不成功ということになりましたが、私自身も足を引っ張らずに済んだことが良かったなと思います。血液チェックや事前の結果で低酸素を吸入したりさせました。低酸素の機器はアメリカから輸入して使用しましたが、ジャマイカの選手も使っていたようです。低酸素の刺激というのは筋肉に直接働きかけまして、短距離にも長距離にも応用可能だ



とされています。現地では身体チェックのために尿検査も行いました。クレアチンという物質は筋肉を使うと血液に流出し、腎臓に運ばれ老廃物として尿に出てきます。どうもこれを見ていると変動が大きいことがわかりますが、状態がいい時はそうでもないですが、疲労がたまるとクレアチンが下がってきます。私はこの数値が非常に気になり、腎臓の権威の方に聞いたりしたところ、やはり疲れてくると腎機能も低下するということです。内臓疲労が関係するのではと伝え対策をとったところ結果が良かったことがあります。これは他に誰も提唱されていないようだったので、まだ解明されていない部分もあります。

あとは高地で高酸素を吸わせるという日本初の取り組みを行いました。が、効果的と言うことで現在でも行われています。従来の知見をそのまま利用するのはリスクが低いです。しかし世界を相手に戦うのであれば、従来行っていないことを考えトライしていくことが必要です。それに対し、監督やコーチが協力してくれたことが有難かったです。このようなコンディショニングチェックが様々な競技団体に活用されています。まだまだいろんな競技団体に競技間連携をして活用してもらえればと思います。科学スタッフの心構えとしては、腹をくくることが大切だと思います。現場で一緒にデータを見て「こうだ」と言いきれないと選手らも迷いどうしたら良いのか分かりません。今回は、データをもとに監督が決断されたので良かったと思います。データが出て、説明するだけではただの数字屋です。フィードバックだけでなく、きちんとした仮説を立てるためにどう伝えるかが大切だと思います。

世界で戦うアスリートのサポートをするスポーツ科学者としては、信じて用いられるというより信じて頼られる能力が必要だと思います。ただし科学のスタッフのせいで負けたと言われ責任をとることもある覚悟は必要です。

最後に、アスリートに関わりながら、考えることや決断することの瞬発力や持久力を高めていながら、創出値を高めていくことが科学スタッフとして大切なことだと思います。本日はご清聴ありがとうございました。

## 総合討論

**久木留** 実は、サッカー界には、杉田先生以外にも何人も科学スタッフがいます。しかし「成功するかどうか分からず、未知の高地トレーニングに科学の知見を用いて責任をとることができるか」となった時に某国立センターに言われみなさん及び腰になったのです。しかし杉田先生はそこで一歩踏み込んで「今まで自分が活かした知見を役立ててやってみよう」と推したことが、他のスタッフと大きく違ったところだと思います。前嶋先生や結城先生に通じるものがあります。

ここからはディスカッション形式で行いたいと思います。3人の先生の共通点から見てみます。

## 暗黙知と形式知

第一に科学者であること。数字で臨床データを取り、映像を撮って分析すること。2つ目は3人とも日本を代表するコーチという肩書も持っています。3つ目は教育者であることです。この3つがあるからこそできたこともあるかと思います。先ほど、結城先生の話の中で「結城理論勉強会」というのが出ましたが、具体的にはどういうことをされている



### 杉田正明／すぎた・まさあき

1966年生まれ。三重大学大学院修了後、1991年東京大学教養学部助手、東京大学大学院総合文化研究所助手を経て現職。文部科学省・2012年ロンドンオリンピック強化支援の検討に関する懇談会委員、文部科学省・競技者育成プログラム普及促進連絡会議委員および企画部会部会員、高所トレーニング環境システム研究会専門委員、?日本陸連科学委員会副委員長等を務める。サッカーワールドカップ南アフリカ大会において、日本代表チームのコンディショニングサポートを成功させ、ベスト16に躍進させたことでも知られる。著書に『サッカーのコンディショニング』（大修館書店）、『スプリントトレーニング』（朝倉書店）などがある。

のか伺いたいと思います。

**結城** 前嶋先生ほどではありませんが、国立大学の教育学部でもスケート選手を目指してくれる学生がおりまして、複数入学するようになってから毎回同じ話をするのが大変になってきたので、入学した当初に一カ月くらい勉強会という練習メニューを組もうと思いました。70km離れた松本で1年生は共通教育を学んでいますので、遠隔操作ですが、週末は寝食共にし、どんな怒られ方をしているのかなど観察しています。先ほど「暗黙知を形式知」という話が出ましたが、10人コーチがいたら基本がバラバラではいけないと思います。基本法則の中でやっていますので、必ず例外なくこれが正しいというものがないとは思いますが、その時代の同意性があるべきだと思います。ただしやり方はコーチの数だけ、つまり10通りあってもいいと思います。例えば日本では重心は低ければ低いほどいいとされていますが、実は前にあればいいのです。深くても浅くてもいいのです。重心を前にするのが基本で、そのためにはどうするかが必要となります。そうしますと指導の中で言葉で交わすことができるようになります。私が小平選手と海外に行っている間、他の選手とはメールでやりとりが可能でした。「今日はどうでしたか？」などと聞くと自己観察が可能です。外から見た自分と内側から見た自分を共通の言葉で話ができるようになり、それが積み上がります。そうしますと、選手の調子が悪い時にどうしたら蘇らせたりするのかという魔法の言葉になったりします。少々恥ずかしいのですが、そんな感じですよ。

**久木留** 今の結城先生のお話を聞いて、前嶋先生から見てそういう人間教育の勉強会は必要だと思われますか。

**前嶋** はい、必要だと思いますね。今の若い方は、説明するとよく分かり理解できる能力を持っているので、入学した時にそのような会を開くのは素晴らしいと思います。私は、勉強会という形をもったのはかなり後になってからでしたが、私はまず徹底的に測定を行い選手がそのデータを見ていくうちに、だんだんデータが読めるようになると、選手自身が、「このくらいの感じだと乳酸値はこれくらいかな」と予測できるようになるまで自分の体を知ることができるようになります。そこまでやると測定というのも勉強のうちかなと思います。

**久木留** ありがとうございます。杉田先生はどうですか？

**杉田** はい、1991年の世界陸上の東京開催が終わり、世界の選手と日本の選手は違うなと思いました。そこでコーチがその違いを説明するようになりました。選手は「なるほど」と理解するようになりました。そういうポイントを教えることは選手に必要だと思いました。

**久木留** ありがとうございます。なぜ結城先生の勉強会の話をしたかといひますと、アスリート、大学の体育会の学生を見ていてもそうですが、日本は昔から練習だけに偏りがちなんですね。理論をしっかりと教えることが少ない。その大切さを知らせて頂きたいと思います。

## 我々はコーチなのか？ 科学者なのか？

**久木留** 次にイノベーションという言葉聞いたことがあるかと思いますが、良い変革、技術革新という意味で使われますが、前嶋先生の講演の中でもいろいろ変革があったことが分かります。自転車での測定を始め「すごいなあ」と思っていました。同じようなことを結城先生もやられていて仮説・検証をしています。イノベーションをする時、科学者でありコーチであり教育者だからこそできたのか、それともコーチという視点だけで見ていたのか、その辺りをお伺いしたいと思います。

**結城** ずいぶん答えになるとと思いますが、私自身こだわりはないです。その時々で都合良く使います。科学的に言う時もありますし、極めて選手的、現場のコーチと言う時もあります。選手としてはこだわられるほうが一番困ると思います。科学を信じていれば自信を持つためにはいいですが10年後には違うものかもしれません。それは真理とか真実という言葉を使いわけますが、いろんなことがひっくり返る時代です。

選手は死活問題でその一瞬しかいないわけですから、まさに今が大切なわけです。全力で選手と付き合うのが私のスタンスです。科学的にはこうだけど、それにこだわっていたのでは選手に失礼だと思います。時には科学者、時にはコーチ、時には選手という立場ですね。

**久木留** 前嶋先生はいかがでしょう。なぜ低酸素室などを開発することができたのでしょうか？

**前嶋** 勝ちたかったからです（会場笑）。指導者としてコーチとして科学者として分けけると返答に苦慮しますが、低酸素室は、まず、スケート選手にも高地トレーニングを行いたかったが、そのような環境がなかったの、大学内に人工的な環境を作りたいと考えたこと。そして、常圧のまま窒素を多くした低酸素環境を作るという私のアイデアに企業がほとんど無償で協力してくれたことによると思います。もちろんこのことはコーチの立場として実践したのですが、そこには科学する立場も混在しているように思います。

**杉田** それぞれの瞬間でコーチであり、科学者であったりすると思いま

すが、私は思う大切なことは目利きと先取りですかね。それがケースによってコーチとしての目利きと先取りなのか、科学者としての目利きと先取りの感覚の違いだと思います。それがないと、世界に目を向けている現在では、新しいものは生まれにくいのではと思います。

## 科学を生かすにはそのスポーツをよく知ること

**久木留** 今回は「スポーツ科学の可能性とその限界」というテーマです。本日は、科学者でありコーチである日本を代表する3人の先生にいらしていただいています。現場で選手をサポートすることにおけるスポーツ科学の限界について、3人の先生方はどう考えて臨んでいるのか伺いたいです。

**結城** 今日のテーマですので素直に考えましたが、例えば運動中のMRI 撮影や脳波などがもっと細かく撮れるようになったとしても、選手が感覚的にやろうとしていることややっていることには勝てないと思います。科学で得られた数値が出て、それが何を意味するのかという現場的な発想は誰が行ってもいいと思います。日本のスポーツ界においては科学スタッフとコーチなど、何をするのかということは厳密に決まっていなくて可能なことで、役割分担がはっきりしているような海外ではタブーなのですが、そういう意味では科学と現場の融合をさせるには、日本ではチャンスだと思います。先ほど、10人いれば10通りではない、三者三様の話をしましたが、まさにそれができるのは日本だと思います。それが限界というか可能性も感じますし、限界の位置づけができれば可能性が広がると考えております。

**久木留** ありがとうございます。予測することは大変重要です。現場の方には科学がすべてという考えの方もいらっしゃいますが、結城先生が今おっしゃったように、予測をするその中からヒントを導き出すことは大変重要だと思います。どちらかというと、コーチ的の科学者の立場で行っている、杉田先生お願いします。

**杉田** 先ほどもお話しさせて頂きましたが、選手に対するフィードバックが大切だと思います。データを伝えるだけでは限界があるので、それをいかに生かせるか、予測に使えるよう伝えるのが大切だと思います。もうひとつはやはり現場監督が経験知で最終決定するわけで、その立場の人が研究的な視点がある方のほうが格好もいいですし、説得力も生まれると思います。これも限界を遠ざける要因だと思います。

**前嶋** 昔、よく言われていたのは「私はあなたのスポーツのことは良く分からないが、科学的にはこうだ」という指導です。これには限界があると思います。やはり科学を活かすためには、そのスポーツそのものをよく知ることが大切だと思います。データはたくさん出ますが、大切なのはそのデータをどう読むかです。コーチや監督はもちろん科学者も含め、簡単なデータでも、とてつもなく突飛な発想が生まれることがあります。それが指導者の技量になると思います。例えば、心拍数ひとつとって見ても、練習から試合、世界選手権大会の最中でも心拍数を計測しつつづけてみると、研究室で得られた常識では見えなかったものが見えてきます。そう考えますと、科学の限界をどう解釈したらいいか難しくなります。

**久木留** ありがとうございます。今の前嶋先生や結城先生の微分・積分を繰り返す話が出ましたが、お二人ともしつこく根気よくやられているわけです。この根気が、科学に限界を作らないようにしているエッセンスかなと思います。



## 勝つことと強くすること

**久木留** 今日、一番知りたいことですが、勝つことと強くすること、競技スポーツの中で、この2つをどう考えているのかお願いしたいと思います。

**杉田** 勝つことというのは、科学スタッフの立場である我々が考えるべきスタンスではないということをきちんと一線を引く必要があると思います。むしろ強くすることに関わるかということだと思います。

例えば短期決戦の場合ですと、マイナス因子となるような情報を見出し、いかに早く取り除くかです。足を引っ張らないような措置を取り勝つ確率を上げるためにデータを利用することが一つ、我々が必要かという認識に立てば、そうすべきだと思います。

**結城** 少しずれるかもしれませんが、専修大学の堀井選手と銀メダルを獲得した清水選手とお付き合いしていく中で学んだのは、彼らはオリンピックにおけるメダルと世界記録を別立てして考えていたということです。オリンピックに出る時は、世界記録を保有している時に臨みたいと言っていました。最強と最速は違うと言っていました。両方が欲しいと。本当に強い人は両方保持しているだろうと。私自身はそういうことを経験し、清水選手と一緒にいながら自分はどんな立場なんだろうと考えました。やはりコーチではなく、科学者でした。科学という切り口を持っていないと、彼の内面に入っていけないのです。例えば腸腰筋という筋肉を測定しましたが、数学的に解けない問題を、いろんな過程を経て解き、答えを出しました。腸腰筋を少し緩めて滑らせたり、角度変えて滑らせたりしたとき、四肢の動きはものすごく変わります。コーチだと実験できますが、科学者はそれができないので、測定をくり返すしかありません。それが科学者の仕事であり、言葉が悪いのですが、どうすれば速くなれるのかというのを、私は科学者として知りたいだけなのかもしれませんが、それが科学者の視点だと思います。科学と言う作業は、強くすることには貢献できると思いますが、勝つという作業は別ものだと思います。日本でやるオリンピックで日本人が勝つことと、アメリカ開催で日本人が勝つことは全く違うことだと思います。競技スポーツなどはまさにそういうことなので、それをまた先読みしてやっていくことが必要ですし、勝つためのサイエンスというのは別立てで必要になってくるのではと思います。

**久木留** 前嶋先生はいかがですか。

**前嶋** ずいぶん前になりますが、ある研究者がこんなことを言っていました。「科学的に研究することに興味はあるが、選手の勝ち負けには興味はない」。この言葉は、選手やコーチの立場からすれば、満足いくものではありません。現場で新しいことに挑戦し、うまくいかず行き詰ることがたくさんあります。そんなとき、測定に没頭していると「科学的分析だけやっているだけでよければ楽でいいなあ」と思うことがありました。こうなると、勝つこと強くすることとは関係のない単なる研究になってしまうのだと思います。少し話がずれてしまいましたが、結城先生が「勝つためのサイエンスというのは別立てで…」とおっしゃっていました。勝つ科学ができるといいなあと思います。

**久木留** 判断と決断についてです。一番難しかった判断、決断は何でしたか？ 判断というのは、いろんな情報や経験を経て判断するのですが、判断から決断に行く、一番難しかったものは何でしょうか。

**杉田** 長期の中でサポートしている場合、国際大会の現場で判断を行い



前嶋 孝

ます。ワールドカップにおいても、やったことのないことを初めてやらねばならないときがありました。岡田監督がそのことに対し、毎日ヒアリングに来ました。「今日はどうでしたか？」「時間は30分と45分のどちらがいいですかとか」などです。そういう緊迫した中で、データをじっくり見ていると読めてくることがあります。選手自身は調子が悪いことを悟られたくないので、ヒアリング調査でも五段階評価をきちんとしない場合があります。そういう時の区別と特徴をつかんで判断していくことが大切ではないでしょうか。あとはポジショニングです。23人も選手がいると吐き気をもよおす選手、膀胱炎になりかける選手がいるなどいろいろなコンディションがありますので、それを正確に掴むことです。寝ている時にもデータのことが頭に浮かび「これでいいのかな」と思ったりします。選手らからも「いつ休みをとったらいいですか」など聞かれ決断を求められるので、「2日前がいいよ」とかアドバイスをしなければならない時があります。ワールドカップ前は実際、3回ほどそういう機会がありましたが、とくに最初の時がそんな感じでした。データを見て判断し決断し、岡田監督に話しました。

**結城** コーチという立場は対象を伴うので、対象になる人それぞれの場合の判断や決断と、自分の中での判断や決断があります。その整合性が難しいと感じています。私自身は少しうぬぼれていますが、難しい決断はないです。閃いた時というのは既にわかっている時なので。閃くまで時間がかかる時はありますが、決めることは捨てることなんて本もありますし、そこでもう整理され決まっていると思います。ただ、一番困る



のは選手自身の判断と自分のチョイスが異なった時です。清水選手が腰痛になり、オリンピック3日前に、注射を打つかどうかとなった時に、コーチとしては打つほうでいきますが、他人にやってもらうわけです。またそういう判断にはリスクが伴うということを選択自身にもきちんと理解してもらう必要があります。彼から「こっちとこっちで迷っている」と相談受けた場合は、それぞれ両方のリスクを話した上で、彼に判断してもらいました。私自身はそういう場合、心の中でどちらか決まっていたのですが、感情は入れずに説明し、彼自身が決めたことには従うことにしていました。

**久木留** 結城先生はすでに決断していたんですね。素晴らしい判断、決断をするために膨大な情報量を保有し、選手と絆を築いていたのだと思います。前嶋先生はいかがですか？

**前嶋** 難しい問題ですね。これまで、なぜあのように判断したのかを振り返ってみます。あの時なぜあんな滑り方をしたのか、オリンピックの疑似体験をしたのか、低酸素装置を作ったのかなどは、それはどうしたら勝てるかについて四六時中考えているうちに浮かんだアイデアなので、やってみなければ分からないことではあったのですが、その半面、それが浮かんだときはすでにこれをやれば勝てる（勝つために必要な要素）と判断していたのだらうと思います。

いつが判断で、いつが決断かという問題についてはわかりませんが、ただ一つ、そのような事例を出すとすれば、カルガリーオリンピック開催の一カ月ほど前、私は、黒岩選手と合流したのですが、その時、彼はいつもより3kgも太っていました。本人は調子がいいと言っていたが、私が見た限りでは動き全体が重そうに見えました。体重は体全体の動きに影響します。選手の感覚を大事にするか、私から見える重そうな体の動きを修正するために体重を落とすか決断しなければなりません。結局、「4週間で3kg減量して、ベスト体重にする」ことにしました。大事な大会の直前にこのような行為は無謀と思うかもしれませんが、この決断は、科学的というより、むしろ、私自身が、選手時代に食事を制限し体重が落ちる過程で、驚くほどパフォーマンスが向上した経験を持っていた事によると思います。一時的に、食事を制限すると胃や腸の調子が良くなり、宿便が出ることもあるのです。3kg減によって彼の動きはシャープになり、自己ベストを更新し、銅メダルに繋がったと思っています。

**久木留** 黒岩選手を勝たせたいという気持ちから決断されたのだと思います。最後に一つだけ会場から質問を受けます。

**学生** 陸上競技において、日本選手は世界に近づきありますが、先日の世界陸上の100mを見ても日本人は誰も決勝に出ていません。それは世界がまた進化をして離れてしまったのかなと思います。今後、どうすればこういう発想や現場につながる研究ができるかご意見をお願いします。

**結城** 大事なことですし、難しいことです。100年後のスケート界がどういう滑り方をし、どういうトレーニングをしているかドラえもんを使って見ることができたら、私は、今の選手に言うことは変わると思います。100年先になれば、日本人がボルト選手に勝てるかわかりませんが、もっと先になれば勝てるかもしれません。一人の天才をモデルにしようとして、後追いにすぎなくなります。科学の合意性でいえば「理論的にはこうなんだけどな」というところが、科学者が考えるべきことだと思います。道具はあまり変わっていませんが、スケートの踵が少し上がっただけで世界記録を樹立した時がありました。大変恥ずかしい話



コーディネーター 久木留 毅

なのですが、開発者が友人ということもあり、この10年前に私はスラップスケートを試して滑ったのですが、とても重くて実用化できないという判断になりました。その後、軽量化に成功し実用化されこの結果になりました。そう考えますと、先のことを常に考え、「10年後も同じなのか」という疑いの目を持って研究者もコーチも臨むよう自分に言い聞かせています。

**杉田** 91年の世界陸上の時に、スプリント革命といわれ日本人新記録が次々樹立された時もありましたが、いつもそうなるわけではありません。筋肉を例にとれば、この筋肉の使い方をこちらの使い方へなど少しずつ変えていくものです。あとは100mでいえば力の配分の仕方が少しずつ分析されていますので、試行錯誤している段階です。今年の世界陸上はあまり結果を出せませんでした、長い目で見て助走している段階だと思って頂ければと思います。

**前嶋** スピードスケートの場合、20年前、500mで世界記録を出した黒岩選手のトレースの描き方を、現在は一万mの選手がやっています。だから進化するんですよね。昔短距離選手が行っていたトレースを今は長距離選手がやっているという中にもヒントがあるのではないかと思います。

**久木留** ありがとうございます。まだまだお聞きしたいことはたくさんありますが、時間も推してまいりました。今日は3人の先生に素晴らしいお話をして頂きました。本日は、結城先生、杉田先生、前嶋先生ありがとうございました。